



SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT

EidGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationale Klassifikation: F 16 h 15/16

//

F 16 h 17/00

Gesuchsnummer: 16132/67

Anmeldungsdatum: 17. November 1967, 18½ Uhr

Patent erteilt: 31. Januar 1969

Patentschrift veröffentlicht: 14. März 1969

G

## HAUPTPATENT

United Shoe Machinery Corporation, Boston (Mass., USA)

Wechseldeformationsgetriebe, das auf Reibmitnahme beruht

Shoichi Ishikawa, Yokohama-shi (Japan), ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung bezieht sich auf ein als Wechseldeformationsgetriebe ausgebildetes mechanisches Geschwindigkeits-Wechselgetriebe, bei dem wenigstens einer von zwei relativ zueinander drehbaren Körpern mit mit dem anderen Körper in Eingriff stehenden Elementen versehen ist, wobei einer der Körper entweder eine Bewegung erfährt oder wobei dieser Körper dem anderen Körper durch rollenden Kontakt eine Bewegung erteilt. Die Erfindung bezieht sich auf ein Wechseldeformationsgetriebe der allgemeinen Bauart, bei der eine kontrollierte, elastische Wechseldeformation erfolgt. Bekannte Getriebe dieser Art verwenden gewöhnlich verzahnte, d. h. kraftschlüssig verbundene Antriebsteile und sind in den Vereinigten Staaten von Amerika unter der Bezeichnung «harmonic drive actuators» und im Bereich des deutschen Sprachgebrauchs als «Spannungswellenge triebe», neuerdings auch «Wechseldeformationsgetriebe», bekannt geworden. Verschiedene Ausführungen solcher Getriebe sind u. a. aus der amerikanischen Patentschrift 1 906 143 bekannt. Ein unverzahntes Reduktionstriebe, das auf Reibungsschluss eines an sich ringförmigen Wechseldeformationserzeugers beruht, aber nur geringe Leistungen hat, ist in der USA-Patentschrift 2 030 700 beschrieben.

Zweck der Erfindung ist die Entwicklung eines Über- oder Untersetzungsgetriebes mit hohem Übersetzungsverhältnis bei möglichst geringem totem Gang und bei gedrungener Bauart, mit einem geringen Drehmoment, das leicht aus wenigen Bauteilen mit normaler Toleranz zusammengestellt werden kann. Die arbeitenden Teile des Getriebes können aus den verschiedensten Stoffen oder Stoffkombinationen bestehen, beispielsweise aus Stahl oder Kunststoffen.

Gegenstand der Erfindung ist ein Wechseldeformationsgetriebe, das auf Reibmitnahme beruht und gekennzeichnet ist durch ein ringförmiges Glied mit wenigstens einer ringförmig verlaufenden Nut, die senkrecht zur Drehachse liegt, einen radial biegsamen Arbeitsring, der ebenfalls wenigstens eine ringförmig verlaufende Rippe hat, sowie einen drehbaren Wechseldeformations-

2

erzeuger, der an im Abstand voneinanderliegenden Stellen radial verformbar ist und dabei an diesen Stellen mit der Rippe oder der Nut der beiden erstgenannten Teile zur Reibanlage bringbar ist, wobei diese Reibanlage zwischen diesen Teilen umlaufend fortläuft und einer dieser Teile ortsfest gelagert ist, so dass der andere Teil durch die sich ergebende Reaktionskraft mit einer von der Umlaufgeschwindigkeit des Wechseldeformationserzeugers verschiedenen Geschwindigkeit angetrieben ist.

Der Wechseldeformationserzeuger kann hierbei vorteilhaft, wie bei Wechseldeformationsgetrieben bekannt, auf mechanischem, hydraulischem oder elektrischem Weg betätigbar sein, um den Reibeingriff an zwei oder mehreren Umfangstellen herbeizuführen. Auch kann nach Art bekannter Wechseldeformationsgetriebe jeder dieser drei Grundteile als Antriebsteil oder als angetriebenes Teil dienen, um die Reaktion herbeizuführen, bzw. kann der dritte Teil als Abtriebsteil wirken. Die miteinander in Eingriff gelangenden Rippen und Nuten können keine Steigung aufweisen, sondern sind dann mit Ringrippen bzw. Nuten versehen, die senkrecht zur Drehachse verlaufen und ohne weiteres in einem breiten Toleranzbereich gehalten sein können, wobei die Flanken der Nuten und Rippen vorzugsweise einen Spitzenwinkel von etwa 20 bis 45° einschliessen können. Durch die Nuten und Rippen werden die Arbeitsflächen der tangential miteinander zusammenwirkenden Nutenflächen gegenüber bekannten Reibungsgetrieben vergrößert, und es ergibt sich daher eine relativ grössere Kraftübertragung, die von den miteinander verkeilten oder klemmenden Nuten- und Rippenflächen abgeleitet werden kann.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 einen Axialschnitt durch ein einstufiges Wechseldeformationsgetriebe;

Fig. 2 in grösserem Massstab eine Einzelheit der miteinander in Eingriff gelangenden Rippen und Nuten nach der Fig. 1 im Querschnitt;

Fig. 3 einen der Fig. 2 entsprechenden Schnitt, bei dem jedoch die Rippe nicht an der Nut anliegt, wie dies in der Fig. 2 der Fall ist;

Fig. 4 ein Schaubild einer zweiten Ausführungsform eines Wechseldeformationserzeugers, der drei Auswölbstellen hat und der an Stelle der in der Fig. 1 wiedergegebenen Ausbildung mit zwei Auswölbstellen verwendet werden kann;

Fig. 5 einen Querschnitt nach der Linie V-V der Fig. 1 mit einem zweiteiligen Gehäuse, das fest angeordnet ist;

Fig. 6 ein Schaubild einer biegsamen Hülse für ein zweistufiges Unter- oder Übersetzungsgetriebe mit hohem Umsetzungsverhältnis;

Fig. 7 einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines Zweistufen-Untersetzungsgetriebes mit kleinem Umsetzungsverhältnis;

Fig. 8 einen Querschnitt durch die Ausbildung nach der Fig. 7, wobei jedoch der Schnitt nach der Linie VII-VII verläuft und die Stellen des Eingriffs des Antriebs der miteinander in Eingriff gelangenden Teile erkennen lässt; und

Fig. 9 einen Teilschnitt eines Arbeitsringes, wie er bei der Ausbildung nach Fig. 7 und 8 Verwendung findet, wobei der geschnittene Teil die innere und äussere Rippe erkennen lässt.

Nach Fig. 1 und 5 umfasst das Wechseldeformationsgetriebe ein ortsfestes Gehäuse mit einer oberen Hälfte 10 und einer unteren Hälfte 12, die zweckmässig mit durchbohrten Radialflanschen zur Aufnahme von Befestigungsbolzen 14 versehen sind. Das Gehäuse ist an einem Ende durch eine Scheibe 16 abgedeckt, die ein Lager 18 trägt, das die Antriebswelle 20 aufnimmt. Die Antriebswelle 20 ist mit einem Wechselverformungserzeuger 22 verbunden. In einem Abstand voneinander angeordnete Lager 24 und 26 auf der der Scheibe 16 abgewandten Seite des Gehäuses nehmen die Abtriebswelle 28 auf. Die Aufgabe der beiden Wellen 20 und 28 kann jedoch ohne weiteres ausgetauscht werden. Für den Antrieb der Welle 28 durch die Welle 20 mit einer gegenüber dieser verringerten Drehzahl ist die Welle 28 mit einem Flansch 30 versehen, der das über einen nachstehend beschriebenen Mechanismus unteretzte Drehmoment der Welle 20 auf die Welle 28 abgibt.

Die zur Erzeugung der Wechselverformung dienende Einrichtung 22 umfasst eine bei Wechseldeformationsgetrieben übliche elliptische Nabe 32 mit Laufflächen 34 zur Aufnahme von Laufkugeln 36, die in einem elliptischen Laufring 38 geführt sind. Die Y-Achse des Ringes 38 liegt nach der Fig. 5 senkrecht, so dass ein mit Rippen und Nuten 44 versehener Ring 40, der aus nachgiebigem Stoff gefertigt ist und der durch die Kugeln 36 so verformt wird, dass er an einander gegenüberliegenden Stellen von Rippen und Nuten 46 des Gehäuses 10, 12 zur Anlage gebracht wird und dabei das Gehäuse 10, 12 mitnimmt.

Es können verschiedene Einrichtungen zur Verformung des Ringes 40 verwendet werden, beispielsweise dreieckige Platten nach der Fig. 4 mit Rollen 42. Auch können andere Wechseldeformationserzeuger, z. B. elektrische oder hydraulische, benutzt werden.

Im Gegensatz zu den bekannten, entweder kraftschlüssig oder reibungsschlüssig arbeitenden Wechseldeformationsgetrieben hat der Wechseldeformationsring 40 nur in Umfangsrichtung verlaufende Nuten oder Rippen 44 ohne jede Steigung. Dementsprechend haben auch die damit zusammenarbeitenden Rippen 46 (Fig.

1 und 2) keine Steigung und laufen nur in Umfangsrichtung um. An den Stellen der Hauptachse Y befinden sich die Teile 44, 46 in Reibungseingriff (Fig. 2), während an den Stellen der Nebenachse die Teile 44, 46 einander nicht beeinflussen.

Das längsgeteilte Gehäuse 10, 12 erleichtert den Zusammenbau des Getriebes. Für die Brauchbarkeit des Getriebes würde es genügen, an Stelle der mehrere Umläufe umfassenden Rippen und Nuten gemäss den Ausführungsbeispielen nur jeweils eine oben zusammenlaufende Rippe oder Nut vorzusehen.

Auch könnte der innenliegende Wechseldeformationserzeuger 22 durch einen ausserhalb des Ringes 40 liegenden Wechseldeformator ersetzt sein, wobei dann der Ring 40 radial nach innen eingebogen würde, um mit dem dann weniger biegsamen, mit Nuten versehenen Teil in Eingriff gebracht zu werden. Der Eingriff der beiden in Reibungseingriff miteinander zu bringenden Teile erfolgt dann an den Stellen der Nebenachse und nicht an den Stellen der Hauptachse.

Die beschriebene Ausbildung führt durch die V-Form der miteinander zur Reibungsanlage gelangenden Flächen 44 und 46 nicht nur zu einer relativ grösseren Reibungsfläche, sondern infolge der «Verkeilung» der Rippen 44 in den Nuten wirkt der relative Stillstand der Nuten 46 schiebend auf die Rippen 44, so dass ein vergleichsweise grösseres Drehmoment mit verringertem Schlupf auf die Welle 28 übertragen werden kann, als es bei zylindrischen reibungsschlüssig in Eingriff stehenden Flächen möglich wäre. Es ist nicht erforderlich, dass die Spitzenwinkel der Rippen und Nuten gleich oder von gleicher Form sind. Zweckmässig sind jedoch die Spitzenwinkel im Bereich von 20-40° gehalten.

Zur billigen Fertigung können der Ring 40 und das Gehäuse 10, 12 aus Kunststoff oder Metall bestehen. Die Nuten und Rippen 44, 46 sind zweckmässig gedreht. Der Ring 40 besteht vorteilhaft aus einem Stoff, der leichter radial verformbar ist als der Stoff, aus dem das Gehäuse 10, 12 gefertigt ist. Auch kann die Nachgiebigkeit dieser Teile in anderer Weise unterschiedlich gehalten sein. Es können ferner Verformungsglieder verwendet werden, die so ausgelegt sind, dass sie in radialer Richtung etwas nachgiebig sind.

Zusammenfassend ist zu der Ausführungsform nach den Fig. 1-5 zu bemerken, dass beim Umdrehen des Wechseldeformationserzeugers 22 eine entsprechende Drehung der Deformation des Ringes 40 erfolgt. Dessen Rippen 44 werden an einander diametral gegenüberliegenden Stellen nach aussen gedrückt und in tangentialen Reibungsschluss mit den nicht umlaufenden Wänden der Rippen 46 gebracht, wobei letztere entweder starr oder radial weniger biegsam sind als die Rippen 44. Unter der Annahme, dass die ineinandergreifenden Teile ohne Schlupf umlaufen, ergibt sich zwischen diesen Teilen ein Umsetzungsverhältnis, das eine Funktion der beiden Umfänge ist. Wenn der Durchmesser des Ringes 40  $D_1$  ist und der Durchmesser des ortsfesten oder stationären Teiles 10, 12  $D_2$ , dann beträgt das Umsetzungsverhältnis

$$\frac{D_1}{D_1 - D_2}$$

Im übrigen drehen sich Ring 40 und Welle 28 entgegengesetzt zur Antriebswelle 20.

Abgewandelte Ausführungsformen der Erfindung sind zur Übertragung grösserer Kräfte geeignet. Eine

derartige doppelwirkende Ausführungsform ist in den Fig. 7-9 und eine andere in der Fig. 6 wiedergegeben.

Nach der Fig. 6 ist ein doppelwirkender Ring 50 vorgesehen, der gegenüber dem entsprechenden Ring 78 nach den Fig. 7-9 zwei in axialem Abstand voneinander angeordnete Gruppen umlaufender Rippen 54 und 56 hat, die verschiedene Durchmesser haben. Ein nicht dargestellter Wechseldeformationserzeuger kann innerhalb der Rippengruppe 54 arbeiten, um diese zur Zusammenarbeit mit einer ortsfesten Gruppe von Innenrippen (nicht dargestellt) zu bringen. Die Rippen 56 werden dabei durch Reibung in gleichem Drehsinn wie die Rippen 54 mitgenommen. Ein gleichachsiger angeordnetes, ringförmiges, im Verhältnis weniger biegsames Übertragungsglied (nicht dargestellt) mit Innenrippen, die in Reibeingriff mit den Rippen 56 stehen, wird somit mit hoher Kraft angetrieben. Dabei können die stationären Rippen des äusseren Gliedes wahlweise mit den Rippen 54 oder 56 in Eingriff gebracht werden, so dass die jeweils anderen Rippen den Abtrieb übernehmen.

Nach den Fig. 7 und 8 hat ein geteiltes Gehäuse 60 an den einander gegenüberliegenden Enden gleichachsiger liegende Durchbohrungen zur Aufnahme von Gleitlagern 62, 64, in denen eine Antriebswelle 66 bzw. eine Abtriebswelle 68 gelagert sind. Ein Ringglied 70 mit wenigstens einer V-förmigen Innennut, die von V-förmigen Rippen 72 begrenzt ist, ist undrehbar von dem Gehäuse 60 aufgenommen, wobei Anschläge 74, 76 (Fig. 8) die ortsfeste Halterung sichern. In dem Ringglied 70, 72 liegt ein Arbeitsring 78 (Fig. 9), der wenigstens eine Umfangsrippe 80 hat, die in Reibeingriff mit den Flanken der Rippen 72 gelangen kann, und wenigstens eine dazu versetzte Innenrippe 82, die in Reibeingriff mit den aufeinander zulaufenden Flächen einer Ringnut 83 gelangen kann, die in einem gleichachsigen ausgerichteten, scheibenförmigen Rad 84 am Innenende der Abtriebswelle 68 vorgesehen ist. Der Ring 78 kann aus einem radial verformbaren Stoff, etwa einem Elastomer, aus Leder oder einem ähnlichen Stoff, bestehen.

In dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 7 und 8 ist ein elliptischer Wechseldeformationserzeuger wiedergegeben, der über die Hauptachse mit zwei einander gegenüberliegenden Leitrollen 86 versehen ist. Ein Arm 88, der in seiner Mitte an der Innenseite der Antriebswelle 66 befestigt ist, nimmt in entsprechenden Lageraugen Schraubbolzen 90 auf, die drehbar die Leitrollen 86 des Arbeitsringes 78 zu dessen Auslenken aufnehmen. Da die Rippe 80 einen kleineren Durchmesser als die Rippen 72 hat, werden sie durch den Ring 78 bei dessen Ausbiegen mit den Rippen 72 in Eingriff gebracht (Fig. 8). Die zwischen den in Eingriff miteinander gebrachten Stellen liegenden Teile der Rippe 80 und der Rippen 72 haben dabei, wie sich ebenfalls aus der Fig. 8 ergibt, keinen Eingriff miteinander. Da der Arbeitsring 78 durch die Rollen 86 über die Hauptachse radial ausgelenkt wird, befinden sich nur die Teile der Nut 83 des Rades 84 in Reibeingriff mit der Innenrippe 82, die im Bereich der Rollen 86 liegen und dabei einen Winkel von jeweils etwa 90° einschliessen.

Beim Arbeiten laufen die Rollen 86 um ihre Achse um und führen dabei eine Planetbewegung um die Achse 66 der Antriebswelle aus. Durch die sich dabei einstellende, fortlaufende Auslenkung des Ringes 78 laufen auch die Anlagestellen an der Rippe 80 des nicht umlaufenden Ringes 78 um. Demzufolge führt die Reibungsmittnahme des Ringes 78 durch die Innenrippe 82

des Rades 84 dazu, dass das Rad 84 mit geringerer Geschwindigkeit ebenfalls umläuft.

Wenn  $L_1$  der Umfang des Kreises der Rippe 72 ist,  
 $L_2$  der Umfang des Kreises der Rippe 80,  
 $L_3$  der Umfang des Kreises der Rippe 82  
 und  $L_4$  der Umfang des Kreises der Rippe 83,

beträgt das Übersetzungsverhältnis bei völliger Schlupf-abwesenheit:

$$\frac{L_1 \times L_3}{L_2 \times L_4} + 1$$

Neben der nahezu geräuschlosen und erschütterungsfreien Kraftübertragung ist das vorbeschriebene Wechseldeformationsgetriebe billig im Aufbau, wobei das Übersetzungsverhältnis einfach durch Austausch zweier Teile geändert werden kann und eine Beschädigung durch Überlastung ausgeschlossen ist.

#### PATENTANSPRUCH

Wechseldeformationsgetriebe, das auf Reibmittnahme beruht, gekennzeichnet durch ein ringförmiges Glied (10, 12; 70) mit wenigstens einer ringförmig verlaufenden Nut (46; 72), die senkrecht zur Drehachse liegt, einen radial biegsamen Arbeitsring (40; 78), der wenigstens eine ringförmig verlaufende Rippe (44; 80) hat, sowie einen drehbaren Wechseldeformationserzeuger (32; 86, 88), der an im Abstand voneinander liegenden Stellen radial verformt ist und an diesen Stellen die Rippe (44; 80) mit der Nut (46; 72) der beiden erstgenannten Teile in Reibungsschluss bringt, wobei dieser Reibungsschluss zwischen dem Glied (10, 12; 70) und dem Ring (40; 78) mit der Umdrehung des Wechseldeformationserzeugers (32; 86, 88) wechselt und einer dieser Teile ortsfest gelagert ist, so dass der andere Teil durch die sich ergebende Reaktionskraft mit einer von der Umlaufgeschwindigkeit des Wechseldeformationserzeugers abweichenden Geschwindigkeit angetrieben ist.

#### UNTERANSPRÜCHE

1. Wechseldeformationsgetriebe nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Rippe (44; 80) des Arbeitsringes (40; 78) und die Flanken der Nut (46; 72) des ringförmigen Gliedes (10, 12; 70) einen unter 45° liegenden Spitzenwinkel haben.

2. Wechseldeformationsgetriebe nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Rippe (44; 80) des Arbeitsringes (40; 78) als Aussenrippe ausgebildet ist und das ringförmige Glied (10, 12; 70) mit Innenrippen (46; 72) versehen ist, die mit der Rippe (44; 80) des Arbeitsringes (40; 78) in Eingriff bringbar sind, wobei das ringförmige Glied (10, 12; 70) ortsfest gehalten und der Ring durch Reibmittnahme drehbar ist.

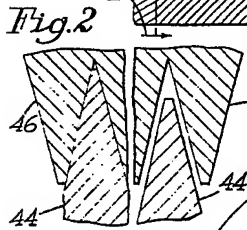
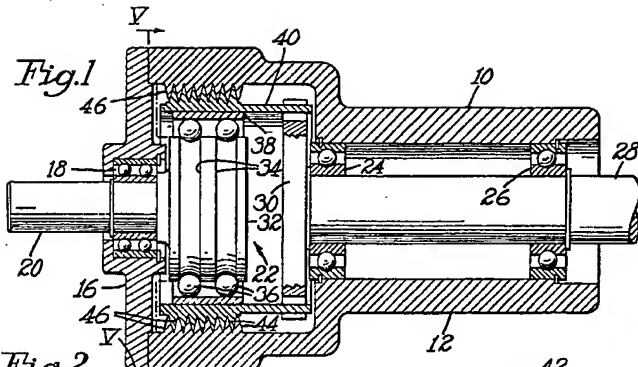
3. Wechseldeformationsgetriebe nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsring (50) zwei gleichachsige Abschnitte aufweist, welche ringförmig verlaufende Aussenrippen besitzen, wobei die Rippen (54) des einen Abschnittes einen grösseren Umfang haben als die Rippen (56) an dem anderen Abschnitt und einer dieser Abschnitte an dem ringförmigen Glied verankert ist, um eine Reibmittnahme eines Abtriebssteiles durch den Eingriff der Rippen der beiden Teile miteinander zu bewirken.

4. Wechseldeformationsgetriebe nach dem Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebs-

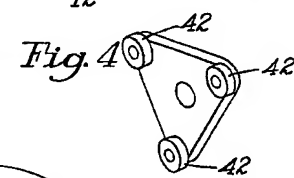
welle (66) und eine Abtriebswelle (68) gleichachsig in einem Gehäuse (60) untergebracht sind, das ringförmige Glied (70) wenigstens eine Innennut (72) hat und der radial biegsame Arbeitsring (78) undrehbar von dem Gehäuse (60) aufgenommen ist und wenigstens eine im Querschnitt V-förmige Aussenrippe (80), die zum Reib-  
5 eingriff mit der Wandung der Innennut (72) verbringbar ist, und wenigstens eine umlaufende Innenrippe (82) besitzt, die in axialem Abstand von der Aussenrippe (80) vorgesehen ist, und dass der Wechseldeformationserzeuger (86) von einer der beiden Wellen (66) aufgenommen  
10

ist und dabei so angeordnet ist, dass er die Aussenrippe (80) des Arbeitsringes (78) an wenigstens zwei im Abstand voneinander liegenden Stellen mit der Innennut (72) in Reibungsschluss bringt, und wobei eine mit wenigstens einer ringförmig verlaufenden Aussennut (83) versehene Scheibe (84) an dem Innenende der anderen Welle (68) zur Reibmitnahme durch die V-förmige Innenrippe (82) des Arbeitsringes (78) vorgesehen ist.

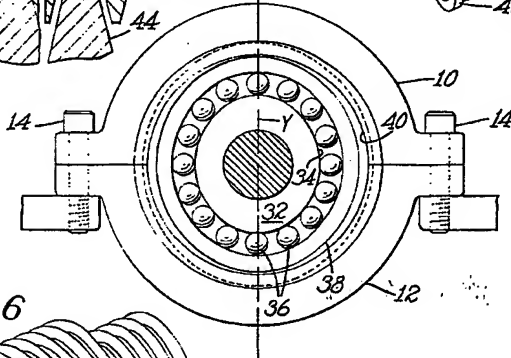
United Shoe Machinery Corporation  
Vertreter: Kirchhofer, Ryffel & Co., Zürich



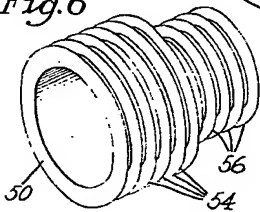
*Fig. 3*



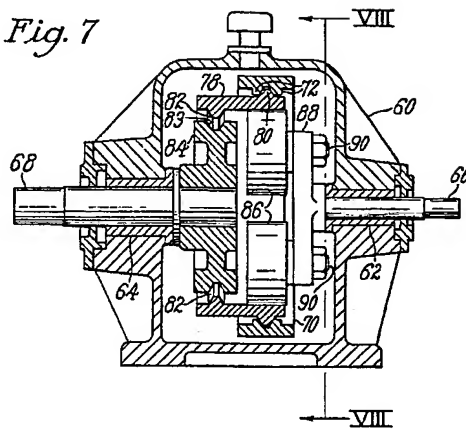
*Fig. 5*



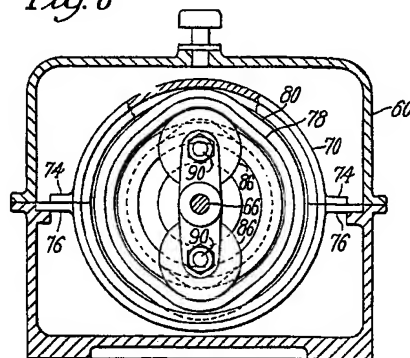
*Fig. 6*



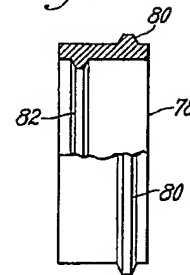
*Fig. 7*



*Fig. 8*



*Fig. 9*



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**